

Translation

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT ON PATENTABILITY
(Chapter II of the Patent Cooperation Treaty)

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference HM-F356PCT	FOR FURTHER ACTION	See Form PCT/IPEA/416
International application No. PCT/JP2004/004629	International filing date (day/month/year) 31.03.2004	Priority date (day/month/year) 31.03.2003
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC		
Applicant HITACHI METALS, LTD.		

1. This report is the international preliminary examination report, established by this International Preliminary Examining Authority under Article 35 and transmitted to the applicant according to Article 36.
2. This REPORT consists of a total of <u>3</u> sheets, including this cover sheet.
3. This report is also accompanied by ANNEXES, comprising: a. <input checked="" type="checkbox"/> (sent to the applicant and to the International Bureau) a total of <u>12</u> sheets, as follows: <input checked="" type="checkbox"/> sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications authorized by this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions). <input type="checkbox"/> sheets which supersede earlier sheets, but which this Authority considers contain an amendment that goes beyond the disclosure in the international application as filed, as indicated in item 4 of Box No. I and the Supplemental Box. b. <input type="checkbox"/> (sent to the International Bureau only) a total of (indicate type and number of electronic carrier(s)) _____, containing a sequence listing and/or tables related thereto, in computer readable form only, as indicated in the Supplemental Box Relating to Sequence Listing (see Section 802 of the Administrative Instructions).
4. This report contains indications relating to the following items: <input checked="" type="checkbox"/> Box No. I Basis of the report <input type="checkbox"/> Box No. II Priority <input type="checkbox"/> Box No. III Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability <input type="checkbox"/> Box No. IV Lack of unity of invention <input checked="" type="checkbox"/> Box No. V Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement <input type="checkbox"/> Box No. VI Certain documents cited <input type="checkbox"/> Box No. VII Certain defects in the international application <input type="checkbox"/> Box No. VIII Certain observations on the international application

Date of submission of the demand	Date of completion of this report
Name and mailing address of the IPEA/JP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT ON PATENTABILITY

International application No.

PCT/JP2004/004629

Box No. I Basis of the report

1. With regard to the **language**, this report is based on the international application in the language in which it was filed, unless otherwise indicated under this item.
- ☐ This report is based on translations from the original language into the following language _____, which is the language of a translation furnished for the purposes of:
- ☐ international search (Rule 12.3 and 23.1(b))
- ☐ publication of the international application (Rule 12.4)
- ☐ international preliminary examination (Rule 55.2 and/or 55.3)
2. With regard to the **elements** of the international application, this report is based on *(replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report)*:
- ☐ the international application as originally filed/furnished
- ☒ the description:
- pages 3-8, 10-19, 21, 24, 26, 29-35, 37-39 as originally filed/furnished
- pages* 1, 2, 9, 20, 22, 23, 25, 27, 28, 36 received by this Authority on 31.01.2005
- pages* _____ received by this Authority on _____
- ☒ the claims:
- nos. 1-3, 5-22 as originally filed/furnished
- nos.* _____ as amended (together with any statement) under Article 19
- nos.* 4 received by this Authority on 31.01.2005
- nos.* _____ received by this Authority on _____
- ☒ the drawings:
- sheets 1-3, 5-9 as originally filed/furnished
- sheets* 4 received by this Authority on 31.01.2005
- sheets* _____ received by this Authority on _____
- ☐ a sequence listing and/or any related table(s) – see Supplemental Box Relating to Sequence Listing.
3. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:
- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/figs _____
- ☐ the sequence listing (*specify*): _____
- ☐ any table(s) related to sequence listing (*specify*): _____
4. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments annexed to this report and listed below had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).
- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/figs _____
- ☐ the sequence listing (*specify*): _____
- ☐ any table(s) related to sequence listing (*specify*): _____

* If item 4 applies, some or all of those sheets may be marked "superseded."

INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT ON PATENTABILITY

International application No.

PCT/JP2004/004629

Box No. V	Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement		
1. Statement			
Novelty (N)	Claims	1-22	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	10, 12-22	YES
	Claims	1-9, 11	NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-22	YES
	Claims		NO
2. Citations and explanations (Rule 70.7)			
Document 1: JP 61-190150 A (Yanmar Diesel Engine Co., Ltd.), 23 August 1986			
Document 2: JP 5-230596 A (Hitachi Metals, Ltd.), 7 September 1993			
<p>The invention set forth in claims 1 to 9 and 11 does not involve an inventive step in the light of document 1 (page 1, left column, lines 5 to 18; fig. 1 and 2) and document 2 (page 2, left column, lines 2 to 20). Pistons and piston rings share the characteristic that they are required to be abrasion-resistant, heat resistant and wear resistant. It would therefore be easy for a person skilled in the art to conceive of applying the piston ring material set forth in document 2 as the piston material set forth in document 1.</p>			
<p>The invention set forth in claims 10 and 12 to 22 is not disclosed in any of the documents cited in the international search report, and would not be obvious to a person skilled in the art.</p>			

特許協力条約

PCT

特許性に関する国際予備報告 (特許協力条約第二章)

(法第 12 条、法施行規則第 56 条)
[PCT36 条及び PCT 規則 70]

REC'D 11 AUG 2005

WIPO

PCT

出願人又は代理人 の書類記号 HM-F356PCT	今後の手続きについては、様式 PCT/IPEA/416 を参照すること。	
国際出願番号 PCT/JP2004/004629	国際出願日 (日.月.年) 31.03.2004	優先日 (日.月.年) 31.03.2003
国際特許分類 (IPC) Int.Cl. ⁷ F02F3/00, F16J1/01, B22C9/22, B22D30/00, C21D6/00, 9/00, C22C38/00, 38/14		
出願人 (氏名又は名称) 日立金属株式会社		

- この報告書は、PCT35 条に基づきこの国際予備審査機関で作成された国際予備審査報告である。
法施行規則第 57 条 (PCT36 条) の規定に従い送付する。
- この国際予備審査報告は、この表紙を含めて全部で 3 ページからなる。
- この報告には次の附属物件も添付されている。
 - ☒ 附属書類は全部で 12 ページである。
☒ 補正されて、この報告の基礎とされた及び／又はこの国際予備審査機関が認めた訂正を含む明細書、請求の範囲及び／又は図面の用紙 (PCT 規則 70.16 及び実施細則第 607 号参照)
☐ 第 I 欄 4. 及び補充欄に示したように、出願時における国際出願の開示の範囲を超えた補正を含むものとこの国際予備審査機関が認定した差替え用紙
 - ☐ 電子媒体は全部で _____ (電子媒体の種類、数を示す)。
配列表に関する補充欄に示すように、コンピュータ読み取り可能な形式による配列表又は配列表に関連するデータを含む。 (実施細則第 802 号参照)
- この国際予備審査報告は、次の内容を含む。
 - ☒ 第 I 欄 国際予備審査報告の基礎
 - ☐ 第 II 欄 優先権
 - ☐ 第 III 欄 新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての国際予備審査報告の不作成
 - ☐ 第 IV 欄 発明の単一性の欠如
 - ☒ 第 V 欄 PCT35 条 (2) に規定する新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての見解、それを裏付けるための文献及び説明
 - ☐ 第 VI 欄 ある種の引用文献
 - ☐ 第 VII 欄 国際出願の不備
 - ☐ 第 VIII 欄 国際出願に対する意見

国際予備審査の請求書を受理した日 31.01.2005	国際予備審査報告を作成した日 28.07.2005	
名称及びあて先 日本国特許庁 (IPEA/JP) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号	特許庁審査官 (権限のある職員) 小林 正和	3G 3111
電話番号 03-3581-1101 内線 3355		

様式 PCT/IPEA/409 (表紙) (2004 年 1 月)

第I欄 報告の基礎

1. この国際予備審査報告は、下記に示す場合を除くほか、国際出願の言語を基礎とした。

☐ この報告は、_____ 語による翻訳文を基礎とした。
それは、次の目的で提出された翻訳文の言語である。

- ☐ PCT規則12.3及び23.1(b)にいう国際調査
- ☐ PCT規則12.4にいう国際公開
- ☐ PCT規則55.2又は55.3にいう国際予備審査

2. この報告は下記の出願書類を基礎とした。(法第6条(PCT14条)の規定に基づく命令に応答するために提出された差替え用紙は、この報告において「出願時」とし、この報告に添付していない。)

☐ 出願時の国際出願書類

☒ 明細書

第 3-8, 10-19, 21, 24, 26, 29-35, 37-39 ページ、出願時に提出されたもの

第 1, 2, 9, 20, 22, 23, 25, 27, 28, 36 ページ*, 31. 01. 2005 付で国際予備審査機関が受理したもの

第 _____ ページ*, _____ 付で国際予備審査機関が受理したもの

☒ 請求の範囲

第 1-3, 5-22 項、出願時に提出されたもの

第 _____ 項*, PCT19条の規定に基づき補正されたもの

第 4 項*, 31. 01. 2005 付で国際予備審査機関が受理したもの

第 _____ 項*, _____ 付で国際予備審査機関が受理したもの

☒ 図面

第 1-3, 5-9 ~~ページ~~/図、出願時に提出されたもの

第 4 ~~ページ~~/図*, 31. 01. 2005 付で国際予備審査機関が受理したもの

第 _____ ~~ページ~~/図*, _____ 付で国際予備審査機関が受理したもの

☐ 配列表又は関連するテーブル

配列表に関する補充欄を参照すること。

3. ☐ 補正により、下記の書類が削除された。

- ☐ 明細書 第 _____ ページ
- ☐ 請求の範囲 第 _____ 項
- ☐ 図面 第 _____ ページ/図
- ☐ 配列表 (具体的に記載すること) _____
- ☐ 配列表に関連するテーブル (具体的に記載すること) _____

4. ☐ この報告は、補充欄に示したように、この報告に添付されかつ以下に示した補正が出願時における開示の範囲を超えてされたものと認められるので、その補正がされなかったものとして作成した。(PCT規則 70.2(c))

- ☐ 明細書 第 _____ ページ
- ☐ 請求の範囲 第 _____ 項
- ☐ 図面 第 _____ ページ/図
- ☐ 配列表 (具体的に記載すること) _____
- ☐ 配列表に関連するテーブル (具体的に記載すること) _____

* 4. に該当する場合、その用紙に“superseded”と記入されることがある。

第V欄 新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての法第12条(PCT35条(2))に定める見解、
それを裏付ける文献及び説明

1. 見解

新規性(N)	請求の範囲 1-22	有
	請求の範囲	無
進歩性(IS)	請求の範囲 10, 12-22	有
	請求の範囲 1-9, 11	無
産業上の利用可能性(IA)	請求の範囲 1-22	有
	請求の範囲	無

2. 文献及び説明(PCT規則70.7)

文献1: JP 61-190150 A (ヤンマーディーゼル株式会社)
1986.08.23
文献2: JP 5-230596 A (日立金属株式会社)
1993.09.07

請求の範囲1-9、11に係る発明は、文献1(第1頁左欄第5行~18行、第1、2図)と文献2(第2頁左欄第2行~20行)とにより、進歩性を有しない。
ピストンとピストンリングとは、摺動性、耐熱性、耐摩耗性等を要求される点で共通することから、文献1記載のピストン材料として、文献2記載のピストンリングの材料を適用することは、当業者が容易に想到し得たものである。

請求の範囲10、12-22に係る発明は、国際調査報告に引用されたいずれの文献にも記載されておらず、当業者にとって自明なものでもない。

明細書

内燃機関用ピストン及びその製造方法

5

発明の分野

本発明は、自動車用エンジン、特にディーゼルエンジン等に好適な内燃機関用ピストン及びその製造方法に関する。

10 背景技術

自動車用エンジンの燃焼温度及び圧力は、高出力化及び低燃費化を図るため、益々上昇する傾向にある。そのため、特にディーゼルエンジン用ピストンでは、高温耐力、高温剛性、耐熱亀裂性等の耐熱性や、高出力化及び低燃費化を得るための軽量化が求められている。さらに例えば、ピストンのスカート部とシリ
15 ンダライナとの間、ピストンのピンボス部とピストンピンとの間、ピストンのリング溝とピストンリングとの間等の摺動部位において、異常摩耗、カジリ、焼付き等が生じないように、耐摩耗性、耐焼付性、低熱膨張性等の特性の向上が要求されている。特に耐焼付性（「耐スカuffing性」又は「耐スコーリ
20 ング性」とも云われる）が低いと、ピストンや相手部材の表面に傷が付き、摩耗が助長されるばかりか、カジリや焼付きに至ることもある。そのため、耐焼付性はピストンにとって極めて重要な特性である。

従来ディーゼルエンジン用ピストンには、軽量化を目的に、JIS AC8A 等のアルミニウム合金が用いられていた。しかし、アルミニウム合金からなるピストンでは、熱的及び機械的な耐久温度が 350℃程度と低く、また熱膨張量も大きい
25 ので、焼付きやカジリが発生しやすいといった問題がある。そのため、最近アルミニウム合金の代わりに、約 400℃までの耐久性が比較的高く、かつ組織内の黒鉛による自己潤滑性により耐焼付性が良好な球状黒鉛鋳鉄が採用されるようになった（例えば特開平 10-85924 号参照）。

しかしながら、球状黒鉛鋳鉄製ピストンは十分な延性を有するものの、ピス

トン温度が 450℃以上になると耐熱性が不足し、熱的機械的負荷の繰返しによりリップ等に熱亀裂が発生するという問題がある。また 15 MPa 程度の燃焼圧力までは、黒鉛による自己潤滑性により比較的良好な耐焼付性を発揮するが、20 MPa 以上に上昇すると、黒鉛潤滑による耐焼付性が満足できなくなるとともに、

5 高温耐力及び高温剛性が低下し、シリンダライナ等の相手部材との強い接触によりピストン及び相手部材の摩耗が進行してブローパイが大きくなり、また片当り等に起因して、カジリ、焼付き、破損といった不具合が生じ、エンジン性能を損なうおそれがある。

軽量化を狙って、球状黒鉛鋳鉄製ピストンを薄肉にしようとする、高温剛性が低くなり過ぎ、リップの他にピンボス部、スカート部等でも亀裂が発生するおそれがある。そのため、球状黒鉛鋳鉄製ピストンでは大幅な軽量化には限界がある。

米国特許第 5,136,992 号は、燃焼温度及び圧力の上昇に対応するため、ピストンのピンボス部を含む頭部とスカート部とを別に製作し、一体的に組み立てたピストンを提案している。図 9 はそのピストン 100 の一例の断面図である。

15 ピストン 100 は、燃焼室 105、頂面 106 及び燃焼室 105 の開口縁（リップ）107 を有する頭部 101 と、スカート部 102 と、トップランド 108 と、ピストンリングが装着されるリング溝 109 と、ピンボス部 104 と、オイルが循環して燃焼室 105 を冷却するクーリングチャンネル又はギャラリーと呼ばれる冷却空洞部 103

20 とを有する。100h はピン孔中心から頂面 106 までの寸法のコンプレッションハイトを表す。

頭部 101 及びピンボス部 104 は、高い耐熱性を有するために、重量比で、C : 0.32~0.45%、Si : 0.4~0.9%、Mn : 1.0~1.8%、P : 0.035%以下、S : 0.065%以下、V : 0.06~0.15%、残部 : Fe からなる析出硬化したフェライト-パーラ

25 イト組織の鍛鋼からなり、スカート部 102 はアルミニウム等の軽合金からなる。このような構成により、従来の $\text{Fe}_{bal}\text{Cr}_{42}\text{Mo}_4$ 合金（JIS SCM440 相当）より低コストで製造できると記載されている。

しかしながら、鍛鋼ピストン 100 は高温剛性に優れているものの、組織中に自己潤滑性を有する黒鉛が存在しないため、燃焼圧力が 20~25 MPa に上昇す

図 3 は比較例 5 の金属組織顕微鏡写真 (100 倍) である。

図 4 は実施例 41 の金属組織顕微鏡写真 (400 倍) である。

図 5 は共晶炭化物と共晶コロニーの模式図である。

図 6 は熱亀裂試験装置の模式図である。

5 図 7 は往復動摩擦摩耗試験の模式図である。

図 8 はピンオンディスク試験の模式図である。

図 9 は別に製作したピンボス部を含む頭部とスカート部とを組み立てた従来のピストンを示す断面図である。

10 発明を実施するための最良の形態

[1] 鋳鋼の組成

(A) 第一の鋳鋼 (α -P 系鋳鋼)

(1) C : 0.8% 以下

15 C は、共晶炭化物を生成させるとともに、凝固温度を低下させ、溶湯の流動性、すなわち鋳造時の湯流れ性を向上する等鋳造性を良好にする。この効果は、ピストンを薄肉で鋳造する場合に非常に重要である。しかし、C が 0.8% を超えると共晶炭化物の面積率が 35% を超えて多量に晶出したり、Cr 等の析出炭化物が増加して、かえって耐焼付性と延性が低下するとともに、相手部材への攻撃性が強くなる。したがって、C は 0.8% 以下である。C の含有量は好ましくは 0.1

20 ~0.55% であり、より好ましくは 0.3~0.55% である。

(2) Si : 3% 以下

Si は、溶湯の脱酸剤としての役割を有し、CO ガス等に起因するガス欠陥を防止する等鋳造性を確保する。Si が 3% を超えると、耐熱衝撃性、被削性を低下させる。したがって、Si は 3% 以下、好ましくは 0.2~2% である。

25 (3) Mn : 3% 以下

Mn は、溶湯の脱酸作用及び非金属介在物を生成して被削性を改善する。しかし Mn が 3% を超えると靱性が低下するので、Mn は 3% 以下、好ましくは 0.3~3%、より好ましくは 0.3~2% とする。

(4) Ni : 3% 以下

ら滴下した。相手材としてピストンピンに相当する高炭素クロム軸受鋼 SUJ2 (JIS G 4805) 製の直径 5 mm の球 72 を板状試験片 71 に 58.8 N のスラスト荷重 75 で接触させた状態で、板状試験片 71 を 1 cm の摺動幅及び 1.6 秒の往復時間で矢印 74 に示す方向に往復摺動させ、摩擦力を測定した。摩擦力が 6.86N に達するまでの往復摺動回数（以下、「摩擦回数」という）を求め、以下の基準で耐ピン焼付き性を評価した。

- ◎：摩擦回数が 400 回以上
- ：摩擦回数が 300 回以上 400 回未満
- △：摩擦回数が 200 回以上 300 回未満

10 ×：摩擦回数が 200 回未満

(b) 耐ライナ焼付き性

ピンオンディスク試験は図 8 に示す装置で実施した。ピンオンディスク試験装置は、試験片を保持する円盤状ホルダ 82 と、円盤状ホルダ 82 に対向して配置された相手材に相当する材質からなるディスク 83 と、試験片にスラスト荷重 85 をかけるために円盤状ホルダ 82 に設けられた手段（図示せず）と、ディスク 83 を矢印 84 方向に回転させる手段（図示せず）とを有する。

各サンプルを 5 mm×5 mm×10 mm の角柱形状に機械加工し、表面粗さ 0.5 μmRa 以下に仕上げたピン試験片 81 を作製した。ディスク 83 は直径 80 mm × 厚さ 12 mm で、FC300 相当の高 P（リン）片状黒鉛鋳鉄により形成した。円盤状ホルダ 82 に取り付けした 4 個のピン試験片 81 をディスク 83 に接触させ、試験片 81 とディスク 83 の接触面に潤滑油（10W-30 相当）を矢印 86 の方向から滴下した。この状態でディスク 83 を回転させ、スラスト荷重 85 を段階的に増大させた。スラスト荷重 85 はピン試験片 81 とディスク 83 の接触面の面圧であり、ディスク 83 の回転速度は摺動速度である。下記(1)～(7)の条件でピンオンディスク試験を実施した。

- (1) 試験開始面圧：15 kgf/cm²
- (2) 試験終了面圧：500 kgf/cm²
- (3) 面圧力増加間隔：5 kgf/cm² づつ上昇

表 2

例 No.	共晶炭化物		共晶コロニー数 ⁽¹⁾ (個/mm ²)	耐ピン焼付性		耐ライナ焼付性	
	面積率 (%)	平均円相当径(μm)		摩擦回数 (回)	評価	焼付き荷重 (kgf)	評価
実施例 1	0.1	0.1	3	300	○	101	○
実施例 2	0.2	0.2	3	305	○	105	○
実施例 3	0.3	0.3	3	310	○	110	○
実施例 4	6	1.6	30	521	◎	125	◎
実施例 5	10.0	1.7	26	530	◎	130	◎
実施例 6	15.0	2.0	12	510	◎	120	◎
実施例 7	1.0	0.9	8	318	○	115	○
実施例 8	1.4	1.0	12	350	○	119	○
実施例 9	6.1	1.7	40	470	◎	150	◎
実施例 10	4.7	1.7	35	471	◎	140	◎
実施例 11	5.4	1.7	38	450	◎	140	◎
実施例 12	1.7	1.1	10	330	○	130	◎
実施例 13	1.0	0.8	10	340	○	110	○
実施例 14	0.7	0.8	5	385	○	125	◎
実施例 15	4.5	1.6	34	420	◎	125	◎
実施例 16*	4.8	1.8	32	450	◎	130	◎
実施例 17	1.1	1.1	10	370	○	125	◎
実施例 18	1.0	1.0	17	388	○	120	◎
実施例 19	4.1	1.3	32	411	◎	135	◎
実施例 20*	4.3	1.6	30	421	◎	137	◎
比較例 1	0.0	-	-	253	△	98	△
比較例 2	11.0	1.90	20	452	◎	120	◎
比較例 3	0.0	-	-	267	△	89	△
比較例 4	0	-	-	263	△	100	○
従来例 1	0.0	-	-	289	△	102	○
従来例 2	0.0	-	-	254	△	100	○

注：(1) 50 μm^2 以上の共晶コロニーの数。

表 2 から明らかなように、共晶炭化物の面積率は、実施例 1～3 及び 14 では

1%未満であるが、実施例 4～13 及び 15～20 では本発明の好ましい範囲（1～35%）内である。また共晶炭化物の平均円相当径については、実施例 1～20 はいずれも本発明の好ましい範囲（3 μm 以下）内である。単位面積当たりの面積 50 μm^2 以上の共晶コロニーの数は、実施例 1～3、7 及び 14 以外の実施例では、

5 本発明の好ましい範囲（10 個/ mm^2 以上）内である。これに対して、比較例 2 以外はいずれも本発明の好ましい範囲外である。共晶コロニーの数が 10 個/ mm^2 未満の鋳鋼では、組織中に共晶コロニーが多量に晶出し、分散せずに連結して粗大なコロニーが形成されていると考えられる。

表 2 から、往復動摩擦摩耗試験において実施例 1～20 はいずれも摩擦回数が

10 300 回以上と多く、優れた耐ピン焼付き性を有することが分かる。またピンオンディスク試験において実施例 1～20 はいずれも焼付き荷重が 100 kgf 以上と大きく、優れた耐ライナ焼付き性を有することが分かる。これに対して、3.22 質量%と過剰の Nb を含有する比較例 2 の試験片は、耐ピン焼付き性及び耐ライナ焼付き性のいずれも優れていたが、耐熱亀裂性に劣っていた。またその他の比

15 較例の試験片はいずれも耐ピン焼付き性及び耐ライナ焼付き性に劣っていた。

共晶炭化物の面積率及び平均円相当径、並びに単位面積当たりの 50 μm^2 以上の共晶コロニーの数が大きいほど耐焼付き性（耐ピン焼付き性及び耐ライナ焼付き性）が大きくなる傾向が認められた。

(4) 硫化物

20 (a) 硫化物の面積率

各サンプルから切り出した試験片を樹脂に埋め込み、エメリー紙で #1000 番まで研磨し、さらに 15 μm 、9 μm 、3 μm 及び 1 μm のダイヤモンド粒子による研磨およびコロイダルシリカによる仕上げ研磨を順に行った。各試験片の研磨面を旭化成（株）製の画像解析装置（IP-1000）を用いて倍率 200 倍で観察し、

25 各硫化物粒子を同じ面積の円に換算し、直径を求めた。直径が 1.0 μm 以上の円に相当する硫化物粒子について、視野における面積率（%）を求めた。結果を表 3 に示す。

(b) 円形度 0.7 以上の硫化物の割合

硫化物の円形度は、上記と同じ試験片を画像解析装置で観察して得られた各

表 3

例 No.	硫化物の 面積率(%)	円形度 0.7 以 上の硫化物/ 全硫化物(%)	γ 率 (%)	常温伸び (%)	0.2%耐力(MPa)		
					350℃	450℃	500℃
実施例 1	0.0	-	0.0	29.7	378	321	279
実施例 2	0.0	-	0.0	28.1	369	331	286
実施例 3	0.1	96	0.0	24.5	401	341	298
実施例 4	1.1	88	0.0	8.8	467	387	354
実施例 5	1.3	85	0.0	7.9	488	401	384
実施例 6	1.7	84	0.0	3.7	504	410	345
実施例 7	0.3	87	0.0	23.5	412	356	308
実施例 8	0.3	88	0.0	19.6	433	370	312
実施例 9	0.3	88	0.0	12.4	510	403	336
実施例 10	1.2	81	0.0	3.0	521	435	356
実施例 11	0.4	88	0.0	9.8	567	452	374
実施例 12	0.2	90	0.0	5.0	753	525	457
実施例 13	0.3	87	0.0	6.3	455	398	345
実施例 14	0.2	85.1	0.0	8.7	411	366	301
実施例 15	0.6	90	0.0	14.6	450	374	310
実施例 16*	0.6	88.9	0.0	13.3	410	322	298
実施例 17	1.1	84	0.0	2.2	743	510	420
実施例 18	1.0	88	0.0	4.0	576	453	378
実施例 19	0.2	88	0.0	4.5	550	453	396
実施例 20*	0.3	87	0.0	4.0	575	462	388
比較例 1	0.2	92	0.0	18.0	399	354	308
比較例 2	0.1	98	0.0	4.5	564	441	368
比較例 3	3.1	68	0.0	16.5	401	342	301
比較例 4	3.2	62.5	0.0	7.9	470	388	312
従来例 1	0.0	-	0.0	9.7	411	358	245
従来例 2	0.7	54	0.1	16.8	449	377	303

表 3 から明らかなように、実施例 1～3 を除いて全ての実施例では、硫化物の面積率が 0.2～3%の好ましい範囲内にあり、実施例 1 及び 2 を除いて全ての実施例では、円形度 0.7 以上の硫化物の割合が 70%以上の好ましい範囲内にあつ

製、THEMOFLEX TAS-200 TAS8140C) を用いて、大気雰囲気中で昇温速度 3℃/分の条件で常温～500℃の範囲で熱膨張量を測定した。得られた熱膨張量から平均線膨張係数を求めた。結果を表 4 に示す。

5

表 4

例 No.	縦弾性係数 (GPa)			耐熱亀裂性		常温～500℃の平均線膨張係数(×10 ⁻⁶ /℃)
	350℃	450℃	500℃	最大亀裂長さ(μm)	評価	
実施例 1	194	177	161	90	○	12.9
実施例 2	193	173	160	94	○	12.8
実施例 3	195	176	160	87	○	12.4
実施例 4	192	175	158	80	◎	12.5
実施例 5	191	176	158	80	◎	12.1
実施例 6	193	177	157	88	○	12.2
実施例 7	194	171	153	95	○	11.8
実施例 8	196	172	153	94	○	11.9
実施例 9	197	173	155	55	◎	12.1
実施例 10	197	164	157	51	◎	12.5
実施例 11	198	168	156	47	◎	12.4
実施例 12	197	168	158	50	◎	11.9
実施例 13	199	173	154	90	○	12.6
実施例 14	195	173	155	89	○	12.8
実施例 15	194	172	155	87	○	12.6
実施例 16*	193	168	154	98	○	12.4
実施例 17	198	171	155	49	◎	12.4
実施例 18	195	174	157	60	◎	12.2
実施例 19	195	168	155	46	◎	12.0
実施例 20*	195	168	155	46	◎	12.0
比較例 1	194	174	152	117	△	12.1
比較例 2	197	174	155	100	○	12.6
比較例 3	194	171	151	178	×	12.6
比較例 4	195	176	148	156	×	12.6
従来例 1	175	160	135	325	×	13.1
従来例 2	194	174	155	121	△	14.0

高温剛性に関しては、実施例 1～20 は比較例 1～4 及び従来例 1 及び 2 とほぼ同等であった。しかし耐熱亀裂性に関しては、比較例 1～4 及び従来例 1 及び 2 ではいずれも最大亀裂長さが 100 μm 以上であったのに対し、実施例 1～20 ではいずれも最大亀裂長さが 100 μm 未満であった。

- 5 これらの結果から、本発明の要件を満たすパーライト系鋳鋼は、他の材質と同等の常温伸び、高温耐力及び高温剛性を有するとともに、他の材質より著しく優れた耐焼付性及び耐熱亀裂性を有することが分かる。

実施例 21～45、比較例 5～11

10 (1) サンプルの作製

- 表 5 は本実施例及び比較例に使用したサンプルの化学組成 (質量%) を示す。実施例 21～45 は、Cr 含有量が多い δ -M 系鋳鋼 (本発明の組成範囲内) からなるサンプルを示し、比較例 5～11 は本発明の組成範囲外の δ -M 系鋳鋼のサンプルを示す。比較例 5 は C 及び S の含有量が少なすぎる鋳鋼であり、比較例 6 及び 7 は C の含有量が少なすぎ、S の含有量が多すぎる鋳鋼である。比較例 8～10 は S の含有量が多すぎる鋳鋼であり、比較例 11 は Nb の含有量が少なすぎる鋳鋼であり、比較例 12 は Nb の含有量が多すぎる鋳鋼である。

- 20 実施例 21～45 及び比較例 5～11 の鋳鋼を 100 kg 高周波溶解炉 (塩基性ライニング) で溶解した後、1550℃以上で取鍋に出湯し、直ちに 1500℃以上で 1 インチ Y ブロックに注湯した。実施例 31 及び比較例 6、8～10 及び 12 以外の実施例及び比較例の鋳鋼に対して、鋳造後 1000～1200℃で 1 時間保持後急冷する固溶化熱処理を施した後、550～630℃で 2～4 時間保持後空冷する時効処理を施した。熱処理した各鋳鋼の基地組織は δ -フェライト相及びマルテンサイト相を含有し、オーステナイト相が 30%未満であった。

表 8

例 No.	縦弾性係数 (GPa)			耐熱亀裂性		常温～500℃平均線膨 張係数($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)
	350℃	450℃	500℃	最大亀裂 長さ(μm)	評価	
実施例 21	197	177	161	98	○	12.1
実施例 22	198	178	163	95	○	12.5
実施例 23	199	177	162	90	○	12.2
実施例 24	197	177	155	78	○	12.3
実施例 25	197	176	154	47	◎	12.3
実施例 26	196	177	156	44	◎	12.2
実施例 27	196	176	159	54	○	12.1
実施例 28	197	172	159	87	○	12.1
実施例 29	195	182	161	33	◎	12.1
実施例 30	197	184	151	62	○	11.9
実施例 31*	197	184	151	62	○	11.9
実施例 32	194	170	153	48	◎	12.0
実施例 33	196	171	152	97	○	12.1
実施例 34	191	176	163	27	◎	12.1
実施例 35	196	177	156	40	◎	12.1
実施例 36	190	178	155	42	◎	12.5
実施例 37	190	175	161	80	○	12.4
実施例 38	190	177	156	31	◎	11.8
実施例 39	195	170	155	20	◎	11.6
実施例 40	193	177	155	54	○	12.5
実施例 41	193	175	165	26	◎	12.6
実施例 42	190	178	158	44	◎	11.5
実施例 43	195	176	155	41	◎	12.2
実施例 44	192	176	156	42	◎	12.3
実施例 45	191	177	157	50	◎	12.1
比較例 5	195	182	161	35	◎	12.1
比較例 6*	169	158	138	162	×	11.5
比較例 7	171	155	136	179	×	12.5
比較例 8*	169	158	138	162	×	11.5
比較例 9*	162	154	132	110	△	18
比較例 10*	164	156	135	122	△	17.2
比較例 11	193	171	150	168	×	12.4
比較例 12*	194	171	149	150	△	12.2

高温剛性に関しては、実施例 21～45 はいずれも 140 GPa 以上という本発明の好ましい範囲内であった。耐熱亀裂性に関しても、実施例 21～45 はいずれも優れていた。これに対して、比較例 6～12 ではいずれも最大亀裂長さが 100 μm を超えていた。比較例 5 は最大亀裂長さが 35 μm と小さかったが、耐焼付性に劣っていた。

請求の範囲

1. 一体的に鋳造された鋳鋼からなることを特徴とする内燃機関用ピストン。
2. 請求項 1 に記載の内燃機関用ピストンにおいて、頭部と、ピンボス部と、スカート部とが一体的に鋳造されていることを特徴とする内燃機関用ピストン。
- 5 3. 請求項 2 に記載の内燃機関用ピストンにおいて、さらに冷却空洞部を有し、一体的に鋳造されていることを特徴とする内燃機関用ピストン。
4. (補正後) 請求項 3 に記載の内燃機関用ピストンにおいて、ディーゼルエンジン用ピストンであり、頭部に燃焼室を有し、前記燃焼室の近傍に冷却空洞部が形成されていることを特徴とする内燃機関用ピストン。
- 10 5. 一体的に鋳造された鋳鋼からなる内燃機関用ピストンであって、前記鋳鋼が、質量比で、C : 0.8%以下、Si : 3%以下、Mn : 3%以下、S : 0.2%以下、Ni : 3%以下、Cr : 6%以下、Cu : 6%以下、Nb : 0.01~3%、残部実質的に Fe 及び不可避免の不純物からなる組成を有することを特徴とする内燃機関用ピストン。
- 15 6. 請求項 5 に記載の内燃機関用ピストンにおいて、前記鋳鋼が、質量比で、C : 0.1~0.55%、Si : 0.2~2%、Mn : 0.3~3%、S : 0.005%超で 0.2%以下、Ni : 1%以下、Cr : 3%以下、Cu : 1~4%、Nb : 0.1~3%、残部実質的に Fe 及び不可避免の不純物からなる組成を有することを特徴とする内燃機関用ピストン。
- 20 7. 一体的に鋳造された鋳鋼からなる内燃機関用ピストンであって、前記鋳鋼が、質量比で、C : 0.1~0.8%、Si : 3%以下、Mn : 3%以下、S : 0.2%以下、Ni : 10%以下、Cr : 30%以下、Cu : 6%以下、Nb : 0.05~8%、残部実質的に Fe 及び不可避免の不純物からなる組成を有することを特徴とする内燃機関用ピストン。
- 25 8. 請求項 7 に記載の内燃機関用ピストンにおいて、前記鋳鋼が、質量比で、C : 0.1~0.55%、Si : 0.2~2%、Mn : 0.3~3%、S : 0.05~0.2%、Ni : 0.5~6%、Cr : 6~20%、Cu : 1~4%、Nb : 0.2~5%、残部実質的に Fe 及び不可避免の不純物からなる組成を有することを特徴とする内燃機関用ピストン。
9. 請求項 7 又は 8 に記載の内燃機関用ピストンにおいて、前記鋳鋼が、質

図4

